

Auftrag Nr.: 20160007

STATISCHE BERECHNUNG

Musterstatik: *alfa* - Fahnenmasten der KA-Serie

Fahnenmasten aus Aluminium, Nennhöhe **12,00 m**,
konisches Mastrohr **Ø76 / Ø177x 4 mm**, drehbar
gelagert 360°, mit oder ohne Fahnenausleger,
max. zulässige Fahnengröße **1,50x 5,00 m** im Hochformat,
Standicherheit:
nach DIN EN 1991-1-4/NA Windzone I

Hersteller: *alfa* GmbH
Fahnen- und Lichtmaste
Daimlerstraße 9
86368 Gersthofen
Tel.: +49 (821) 47 10 38

Statik: **Ingenieurbüro Goethe**
Dipl.-Ing. (FH) Waldemar Goethe
Bgm.-Miehle-Straße 55
86199 Augsburg
Tel.: +49 (821) 9073067

Augsburg, 26. Juli 2016



1.0 Allgemeines

1.1 Konstruktion

Die statische Berechnung beinhaltet den Standsicherheitsnachweis von einem Fahnenmasten mit konischer Mastform, der mittels einer Bodenhülse bzw. einer Kipphalterung an einem Einzelfundament verankert wird.

Der Mastrohreinbau mit Drehlagerung 360 Grad erfolgt auf einer Stehwelle.

Der Fahnenmast dient ausschließlich der Aufnahme einer Belastung aus frei auswehendem Fahnentuch. Das Mastrohr kann an der Spitze mit einem Auslegerrohr mit einer max. Länge von 1,55 m ausgestattet werden.

Der Standsicherheitsnachweis wird geführt:

- für ein kon. Mastrohr im $\varnothing 177/\varnothing 76 \times 4,0 \text{ mm}$, der Nennlänge **12,00m**, in der Legierung **EN AW-6063, Zustand T66**
- für eine Textilfahne in der Abmessung **1,50x5,00m** (im Hochformat) mit einem Materialgewicht von **max. 130 g/m²**
- nach **DIN EN 1991-1-4/NA Windzone I**, Mischprofil der Geländekategorie **II und III**
- Einbauart:
Bodenhülse oder Kipphalterung

1.2 Berechnungsgrundlagen

Ausführungspläne der Firma
alfa GmbH Fahnen- und Lichtmaste

1.3 Material

Aluminiumlegierung Mastrohr - **EN AW-6063, Zustand T66**
mit Abnahmezeugnis
Masthalterung mit Stahlrohr-Innenverstärkung - **S355**

Beton	C25/30
Betonstahl	BSt 500 S BSt 500 M
Baustahl	DIN EN 10025-2
Feuerverzinkung	gemäß DIN EN ISO 1461
Nichtrostende Stähle	gemäß gültigem
Zulassungsbescheid	Z-30.3-6
Schrauben 8.8	gemäß DIN EN 15048

1.4 Berechnungsgewichte

Stahlbeton	$\gamma_B = 25,0 \text{ kN/m}^3$
Erdreich	$\gamma_E = 17,0 \text{ kN/m}^3$

1.5 Vorschriften

DIN EN 1991	Einwirkungen auf Tragwerke
DIN EN 1993	Konstruktionen aus Stahl
DIN EN 1999	Aluminiumkonstruktionen
DIN EN 1992	Beton- und Stahlbetonbau

1.6 Bemerkung

Alle nicht in der Statik behandelten Bauteile sind konstruktiv zu wählen.

2.0 Belastungen und technische Daten

Lastfall 1: Eigengewicht der Konstruktion und der Fahne

Eigengewicht der Konstruktion wird vom Programm intern mitberücksichtigt.

Fahnenmastengewicht bei Fahnenmasten:	$mf = 0,0013 \text{ kN/m}^2$
- einlagig	Angaben vom Auftraggeber
Eigengewicht der Fahne	$V_f = b_f \cdot h_f \cdot m_f = 0,010 \text{ kN}$
Eigengewicht Ausleger	$G_a = 0,006 \text{ kN}$
Fahnenbelastung an der Mastspitze:	
- aus Fahne und Alu-Ausleger	$V_{fa} = \underline{0,016} \text{ kN}$
	$M_{fa} = \underline{0,012} \text{ kNm}$

Lastfall 2: Windlast

Windzone I

Referenzgeschwindigkeit	$v_{b.o} = \underline{22,50} \text{ m/s}$
Topographiebeiwert	$c_o = 1,0$
OK Mast	$h_1 = 12,00 \text{ m}$
UK Mast	$h_2 = 0,00 \text{ m}$
windbelastete Höhe	$h = h_1 - h_2 = 12,00 \text{ m}$
effektive Höhe	$z_s = h_2 + 0,6 \cdot h = 7,20 \text{ m} > z_{\min} \quad 7,00$
mittlere Mastdurchmesser	$d_b = 0,143 \text{ m}$
Masse pro Längeneinheit	$m_{l.x} = 4,727 \text{ kg/m}$
Exponent für $L_i.z.s$	$\varepsilon = 0,26$
Integrallängenmaß	$L_i.z.s = 113,8 \text{ m}$
Böhengrundanteil	$B^2 = 0,820$
mittlere Windgeschwindigkeit	$v_{m.z.s} = 17,82 \text{ m/s}$
mittlere WG am Hang oder Kuppe	$v_{m.t.z.s} = 17,82 \text{ m/s}$
1. Eigenfrequenz (EDV)	$n_{l.x} = 1,40 \text{ Hz}$
dimensionslose Eigenfrequenz	$f_{L.z.n} = 8,93$
dimensionslose spektrale Dichtefunktion	$SL = 0,032$
aerodynamische Übertragungsfunktion	$\eta_h = 4,336$
	$R_h = 0,204$
aerodynamische Übertragungsfunktion	$\eta_b = 0,052$
	$R_b = 0,966$
	$\delta = 0,184$
Resonanz-Antwortanteil	$R^2 = 0,171$
Erwartung der Frequenz der Böenreaktion	$v_E = 0,581 \text{ Hz}$
	$T = 600 \text{ s}$
Spitzenfaktor	$k_p = 3,597 > 3 \text{ erfüllt}$
Turbulenzintensität	$I_{v.z.s.t} = 0,239$
Strukturbeiwert	$c_{s.C.d} = 1,114$
Luftdichte	$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$
Böengeschwindigkeitsdruck	$q_p(z) = \underline{0,48} \text{ kN/m}^2$
Windgeschwindigkeit	$v = 100,1 \text{ km/h}$
	$q_p = q_p(z) \cdot c_{s.C.d} = \underline{0,54} \text{ kN/m}^2$

Windlast am Rohrprofil

Mastrohrprofil:

Masthöhe	H = 12,00 m
konische Länge	Lk = 8,00 m
zylindrische Länge	Lz = 4,00 m
Rohrdurchmesser	d1 = 0,177 m
Zopfdurchmesser	d2 = 0,076 m
Wandstärke	t = 0,004 m

Windbelastung am Rohr - zylindrische Länge:

Reynoldszahl:

$$Re = (2 \cdot q_p / \rho)^{0,5} \cdot d1 / (15 \cdot 10^{-6}) = 3,46E+05$$

Rauhigkeitsdefinition: K = 0,001 K/d1 = 5,65E-03

Grundkraftbeiwert Cf,0:

In Abhängigkeit von Re und K/d mit $\Rightarrow C_{f,0} = 0,92$

Abminderungsfaktor aufgrund der Schlankheit:

$$\varphi = 1 \Rightarrow H/d1 = 67,8 \Rightarrow \Psi_\lambda = 0,91$$

Kraftbeiwert Cf für den Masten:

$$C_f = C_{f,0} \cdot \Psi_\lambda = 0,84$$

Windbelastung am Rohr: $q_r = C_f \cdot q_p \cdot d1 = \underline{0,080}$ kN/m

Windbelastung am Rohr OK Mast:

Reynoldszahl:

$$Re = (2 \cdot q_p / \rho)^{0,5} \cdot d2 / (15 \cdot 10^{-6}) = 1,49E+05$$

Rauhigkeitsdefinition: K = 0,001 K/d = 1,32E-02

Grundkraftbeiwert Cf,0:

In Abhängigkeit von Re und K/d mit $\Rightarrow C_{f,0} = 0,96$

Abminderungsfaktor aufgrund der Schlankheit:

$$\varphi = 1 \Rightarrow H/d2 = 157,9 \Rightarrow \Psi_\lambda = 1,00$$

Kraftbeiwert Cf für den Masten:

$$C_f = C_{f,0} \cdot \Psi_\lambda = 0,96$$

Windbelastung am Rohr: $q_r = C_f \cdot q_p \cdot d2 = \underline{0,039}$ kN/m

Windlast aus der Fahne

Fahnenabmessung: bf = 1,50 m hf = 5,00 m

Kraftbeiwert für frei flatternde Flaggen Cf (DIN EN 1991-1-4/NA)

ρ - die Luftdichte $\rho = 1,25$ kg/m³

h - die Höhe der Flagge

mf - die Masse je Flächeneinheit der Flagge

Aref - Angriffsfläche Aref = bf*df = 7,50 m²

$$C_f = 0,02 + 0,7 \cdot (mf \cdot 100 / (\rho \cdot h)) \cdot (h^2 / Aref)^{1,25} = 0,086$$

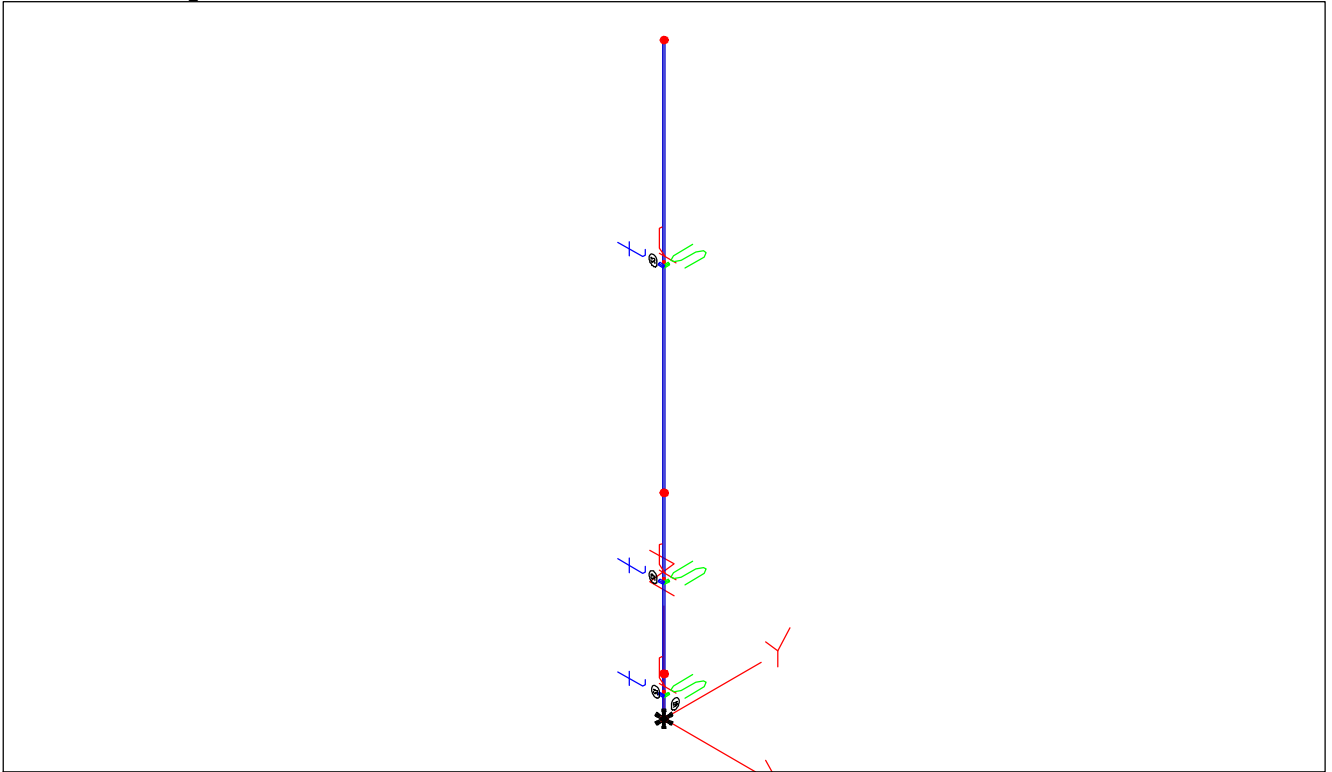
Windlast aus der Fahne:

$$q_f = C_f \cdot q_p \cdot bf = \underline{0,069}$$
 kN/m

3.0 Statische Berechnung

Siehe EDV - Berechnung folgende Seiten

Positionenplan



Positionen Stäbe - Geometrie

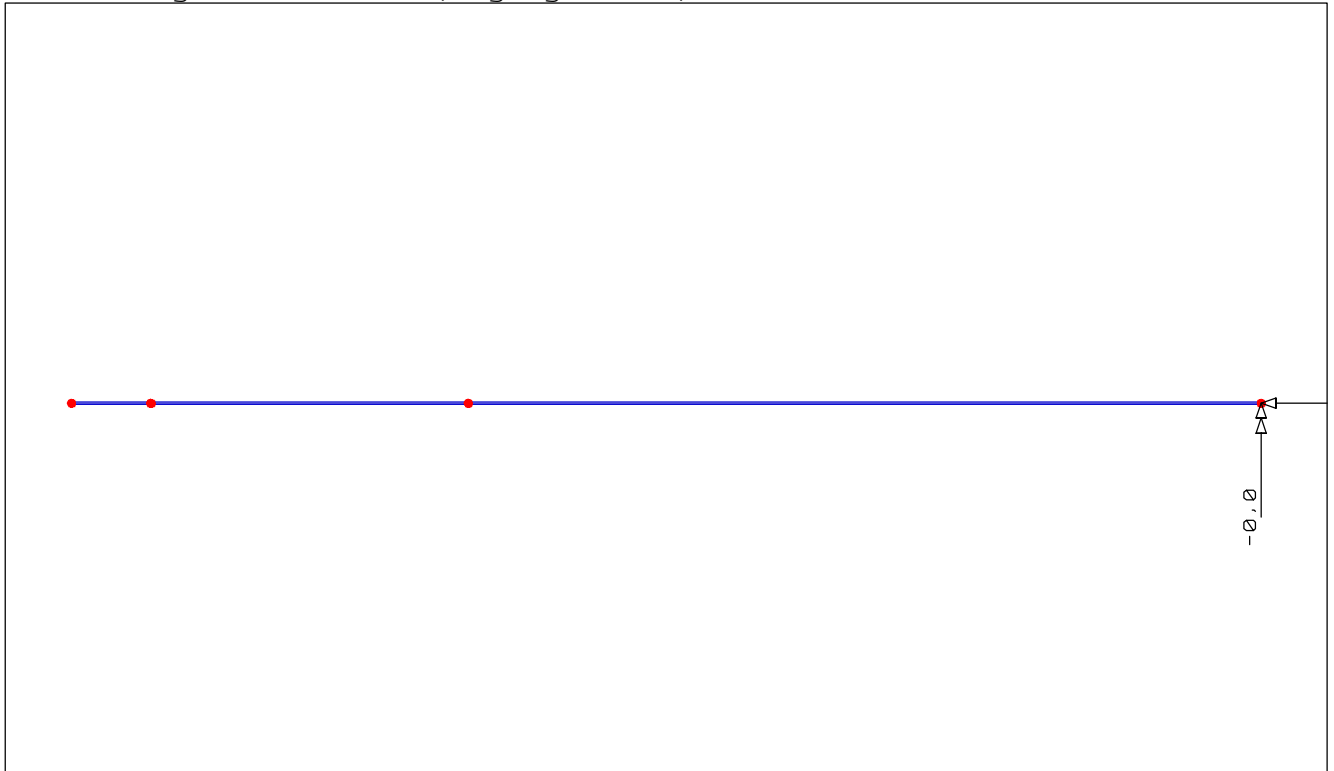
Stab	xa [m]	ya [m]	za [m]	xe [m]	ye [m]	ze [m]	l [m]	Art
S1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.800	0.80	3D
S2	0.000	0.000	0.800	0.000	0.000	4.000	3.20	3D
S3	0.000	0.000	4.000	0.000	0.000	12.000	8.00	3D

3D = 3D-Stab DS = Druckstab
 ZS = Zugstab FW = Fachwerkstab

Positionen Stäbe - Koordinatensystem

Stab	Alpha [°]	Beta [°]	Gamma [°]	Stab	Alpha [°]	Beta [°]	Gamma [°]
S1	0.00	-90.00	0.00	S3	0.00	-90.00	0.00
S2	0.00	-90.00	0.00				

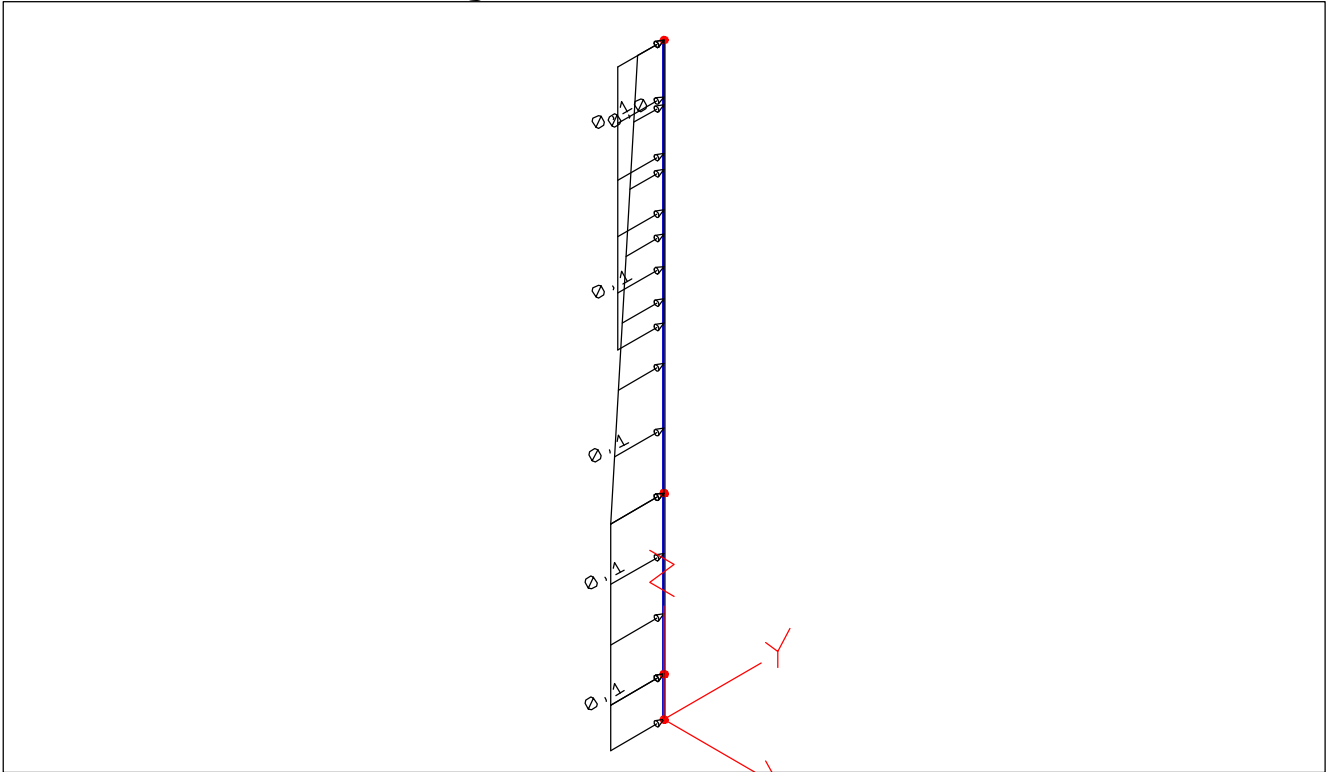
Belastung Lastfall 1 (Eigengewicht)



Positionen Knotenlasten - Lastfall 1

Last	Art	Intensität	Stelle	x	y	z
		[kN] [kNm]		[m]	[m]	[m]
L-1	Pz	-0.02	0.00	0.00	12.00	
L-2	Mx	-0.01	0.00	0.00	12.00	

Lastfall 2 (Windbelastung)



Positionen lokale Blocklasten - Lastfall 2

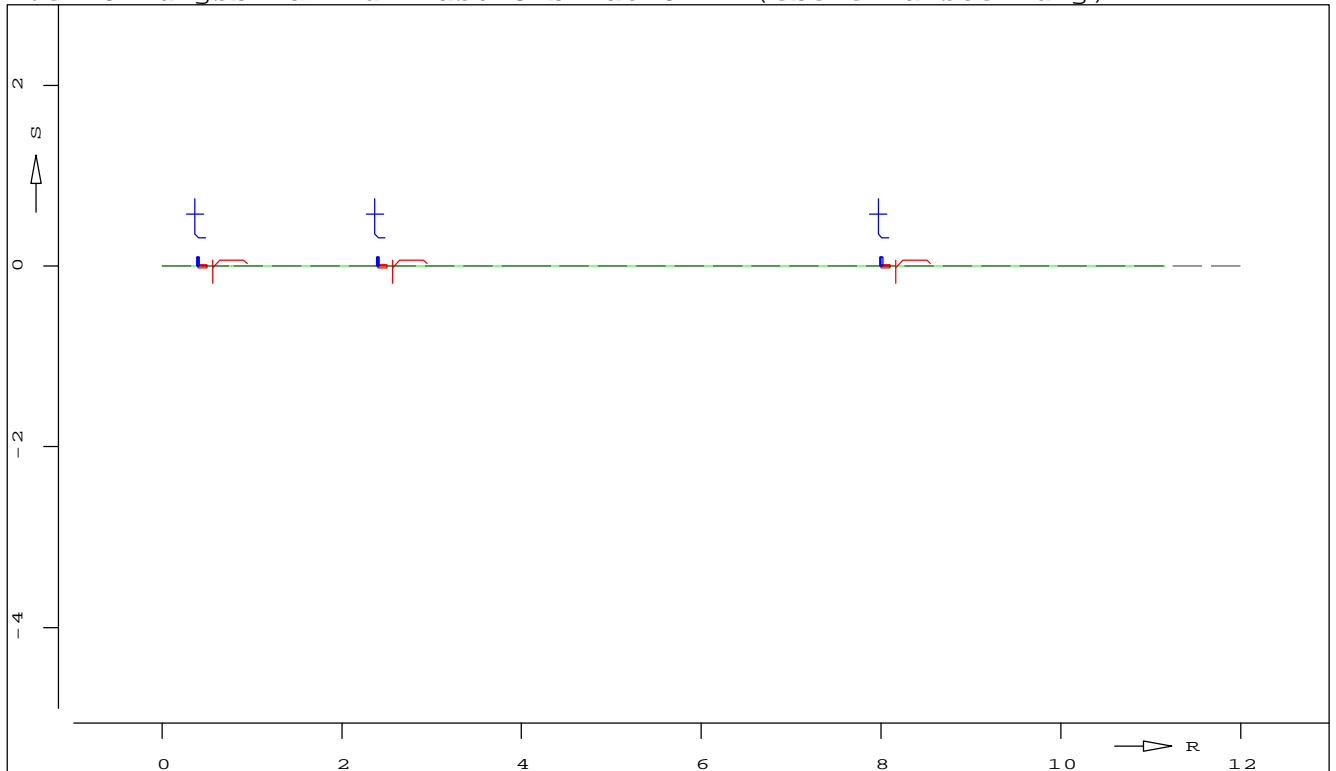
Last	auf Position	Intensität				Stelle	
		ps1 [kN/m]	ps2 [kN/m]	pt1 [kN/m]	pt2 [kN/m]	a/l	b/l
L-5	S3	0.08	0.04	0.00	0.00	0.00	1.00
L-6	S3	0.07	0.07	0.00	0.00	0.38	1.00

Positionen globale / bez. globale Gleichlasten - Lastfall 2

Last	auf Position	Intensität		
		px [kN/m]	py [kN/m]	pz [kN/m]
L-3	S1	0.00	0.08	0.00
L-4	S2	0.00	0.08	0.00

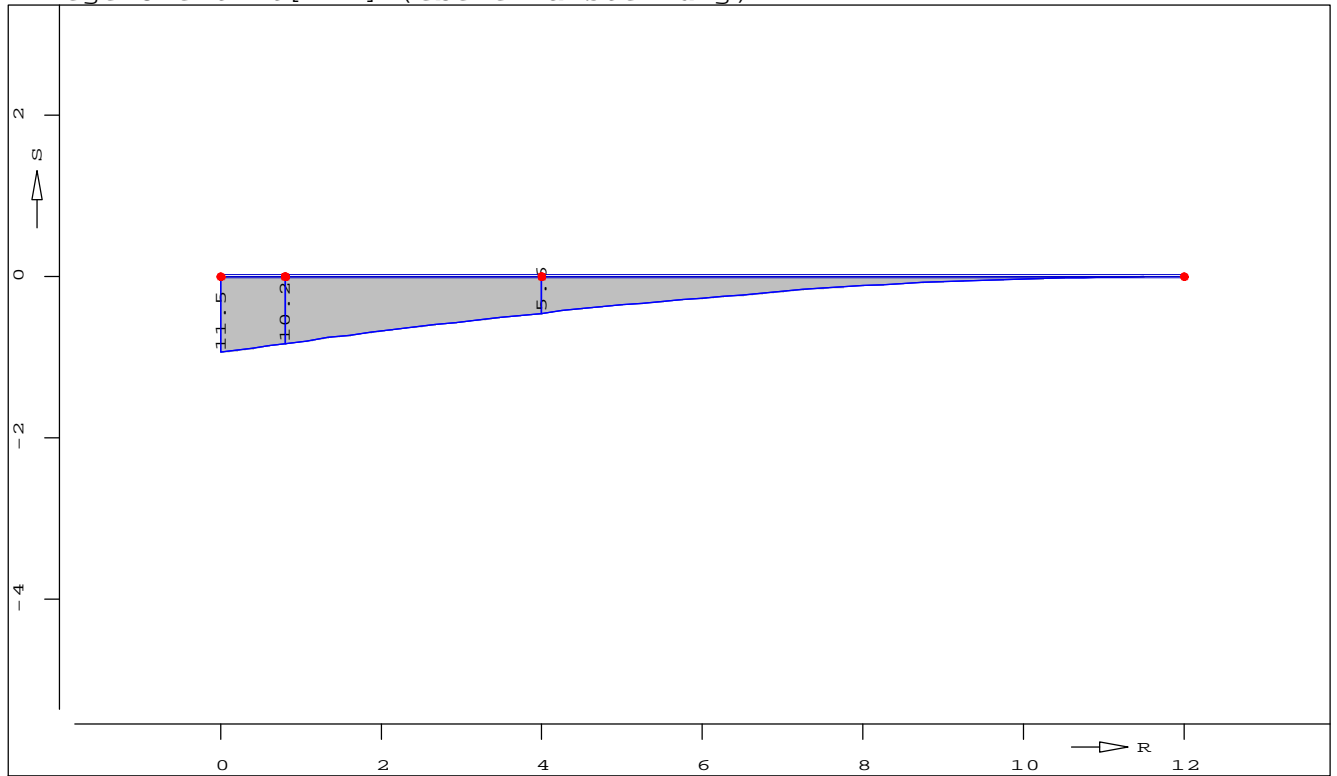
Verformung nach Theorie 2.Ordnung

Verformungsbild für Lastkombination 1 (ebene Darstellung)



Stab	r	max	Ur	Us	Ut	U	Rr	Rs	Rt
	[m]					[mm]		[Rad/1000]	
S1	0.80	Ur	-0.0	7.2	0.0	7.2	0.0	0.0	17.7
	0.80	Us	-0.0	7.2	0.0	7.2	0.0	0.0	17.7
S2	0.80	U	-0.0	7.2	0.0	7.2	0.0	0.0	17.7
	3.20	Ur	-0.0	114.7	0.0	114.7	0.0	0.0	46.6
	3.20	Us	-0.0	114.7	0.0	114.7	0.0	0.0	46.6
S3	3.20	U	-0.0	114.7	0.0	114.7	0.0	0.0	46.6
	8.00	Ur	-0.0	658.4	0.0	658.4	0.0	0.0	79.9
	8.00	Us	-0.0	658.4	0.0	658.4	0.0	0.0	79.9
	8.00	U	-0.0	658.4	0.0	658.4	0.0	0.0	79.9

Biegemoment Mt[kNm] (ebene Darstellung)



Stab	r	Nr	Qs	Qt	Mr	Ms	min Mt	max Mt
	[m]			[kN]			[kNm]	[kNm]
S1	0.80	-0.72	-1.64	0.00	0.00	0.00	10.20	11.54
	0.00	-1.10	-1.71	0.00	0.00	0.00		
S2	3.20	-0.47	-1.27	0.00	0.00	0.00	5.55	
	0.00	-0.72	-1.63	0.00	0.00	0.00	10.20	
S3	8.00	-0.02	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	
	0.00	-0.47	-1.26	0.00	0.00	0.00	5.55	

Stahlnachweis nach DIN 18800 (11/1990) Elastisch - Elastisch

Statische Berechnung Theorie 2. Ordnung

Maßgebende Einwirkungskombinationen:

Typ = Einwirkungstyp
 Ewn = Einwirkungsnummer
 Lfn = Lastfallnummer
 Lgn = Lastgruppennummer
 Lkn = Lastkombinationsnummer

Typ	0	1	
Ewn	1	2	
Lfn	1	2	
Lgn	0	0	
Lkn	1	1.35	1.50

Material:

St 52		
Kennwerte	Erzeugnisdicke [mm]	
[N/mm ²]	t ≤ 40	40 < t ≤ 80
Streckgrenze fy,k	360.00	325.00
Grenznormalspannung SigmaR,d	327.27	295.45
Grenzs Schubspannung TauR,d	188.95	170.58
Teilsicherheitsbeiwert Gamma_m	1.10	

EN AW 6063, Zustand T66		
Kennwerte	Erzeugnisdicke [mm]	
[N/mm ²]	t ≤ 40	40 < t ≤ 80
Streckgrenze fy,k	220.00	180.00
Grenznormalspannung SigmaR,d	200.00	163.64
Grenzs Schubspannung TauR,d	115.47	94.48
Teilsicherheitsbeiwert Gamma_m	1.10	

Querschnittswerte:

Normprofil RD 75							
D	A	Wy	It	Iy	Iz	Wz	Sy
mm	cm ²	cm ³	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³
75	44.20	41	311	155	155	41	35
Sz	iy	iz					
cm ³	cm	cm					
35	1.88	1.88					

Sonderprofil ROHRS 177-4							
D	t	A	Iy	Wy	iy	It	Wt
mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³
177	4	21.74	814	92	6.12	1627	184
Styp	Ktyp	Wtyp	Ftyp				
4	1	1	1				

Proj.Bez	alfa - Fahnenmasten KA-Serie	Seite	11
FE-Modell	kon. Fahnenmast NH12m, dr. gel. 360°	Datei	POS1-12M
Datum	26.07.16	Projekt	20160007
	EuroSta 3.31		

Sonderprofil ROHRS 177-4 Vouten-Anfangs - u. Endquerschnitt

D	t	A	Iy	Sy	Wy	iy	Iz
mm	mm	cm2	cm4	cm3	cm3	cm	cm4
177	4	21.74	814	60	92	6.12	814
76	4	9.05	59	10	15	2.55	59
Sz	Wz	iz	It	Wt	AQ	Styp	Ktyp
cm3	cm3	cm	cm4	cm3	cm2		
60	92	6.12	1627	184	11.12	4	1
10	15	2.55	118	184	4.78	4	1
Wtyp	Ftyp						
2	2						
2	2						

Nachweis der Vergleichsspannungen

Stab	r	Nr	Ms	Mt	Vs	Vt	Mr	relsv	Lkn
	[m]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[%]	
S1	RD 75								
	0.00	-1.10	0.00	11.54	-1.71	0.00	0.00	85.2	1
S2	ROHRS 177-4								
	0.00	-0.72	0.00	10.20	-1.63	0.00	0.00	54.4	1
	1.07	-0.64	0.00	8.52	-1.51	0.00	0.00	45.4	1
	2.13	-0.56	0.00	6.97	-1.39	0.00	0.00	37.2	1
S3	ROHRS 177-4 gevoutet								
	0.00	-0.47	0.00	5.55	-1.26	0.00	0.00	29.6	1
	1.00	-0.39	0.00	4.35	-1.14	0.00	0.00	27.0	1
	2.00	-0.32	0.00	3.25	-1.03	0.00	0.00	23.8	1
	3.00	-0.26	0.00	2.27	-0.93	0.00	0.00	19.9	1
	4.00	-0.20	0.00	1.44	-0.73	0.00	0.00	15.3	1
	5.00	-0.15	0.00	0.81	-0.53	0.00	0.00	10.7	1
	6.00	-0.10	0.00	0.36	-0.35	0.00	0.00	6.2	1
	7.00	-0.06	0.00	0.10	-0.17	0.00	0.00	2.3	1

Nutzung örtlicher Plastizierung nicht möglich

Nachweis der Knickstabilität nach Ersatzstabverfahren

Knickparameter der Positionen

Abkürzungen:

sk_r	Stablänge in r-Richtung für Biegedrillknicken
sk_s, sk_t	Knicklänge für Ausweichen in s-, t-Richtung
Psi	Verhältnis der Stabendmomente
z/h	Rel. Abstand des Angriffspunktes der Querbelastung
Zeta	Momentenbeiwert für Gabellagerung (DIN T2, Tab.10)
Mom_verlauf	Index zur Bestimmung der Beta-Werte (DIN T2, Tab.11)
	0 - nur Stabendmom. 1 - Gleichlast+Stabendmom.
	3 - beliebige Querlast 2 - Einzellast+Stabendmom.
kaps, kapt	Abminderungsfakt. für Biegeknicken in s-, t-Richtg.
kapm	Abminderungsfakt. für Biegemomente bei Biegedrillkn.
Seitliche	Träger ist seitlich unverschieblich gestützt (st_c)
St./Bettg.	/ elastisch gebettet (bett) / ohne Stützung (nein)

Proj.Bez	alfa - Fahnenmasten KA-Serie	Seite	12
FE-Modell	kon. Fahnenmast NH12m, dr. gel. 360°	Datei	POS1-12M
Datum	26.07.16	Projekt	20160007
	EuroSta 3.31		

Stab	sk_r [m]	sk_s [m]	sk_t [m]	Psi []	z/h []	Zeta []	Mom_ verlauf	Seitliche St./Bett.
S1	0.80	0.80	0.80	0.00	-0.50	1.00	0	nein
S2	3.20	3.20	3.20	0.00	-0.50	1.00	0	nein
S3	8.00	8.00	8.00	0.00	-0.50	1.00	0	nein

Knicknachweis

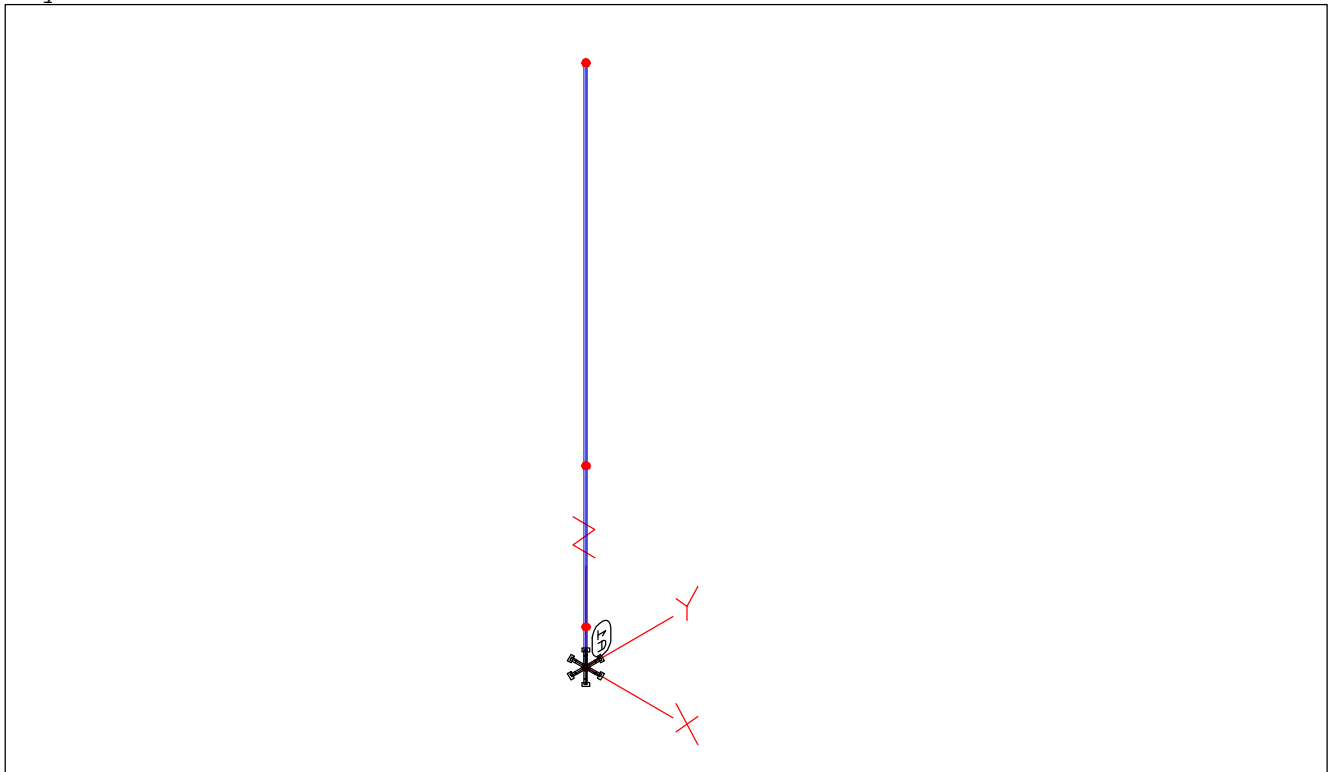
Stab	r [m]	Nr [kN]	Ms [kNm]	Mt [kNm]	kaps []	kapt [] (vor_c)	kapm (lamq) erf_c)	relKn [%]	Gn	Lkn
S1		RD 75								
	plR,d	1446.55	23.01	16.94						
		0.00	-1.10	0.00	11.54	0.81	0.81	0.00	68.2	24 1
S2		ROHRS 177-4								
	plR,d	434.80	23.94	22.99						
		0.00	-0.72	0.00	10.20	0.71	0.71	0.00	44.6	24 1
		1.07	-0.64	0.00	8.52	0.71	0.71	0.00	37.3	24 1
		2.13	-0.56	0.00	6.97	0.71	0.71	0.00	30.5	24 1
S3		ROHRS 177-4 gevoutet								
		0.00	-0.47	0.00	5.55	0.17	0.17	0.00	24.8	24 1
	plR,d	434.80	23.94	22.99						
		1.00	-0.39	0.00	4.35	0.14	0.14	0.00	22.7	24 1
	plR,d	403.07	20.58	19.72						
		2.00	-0.32	0.00	3.25	0.12	0.12	0.00	20.1	24 1
	plR,d	371.34	17.46	16.71						
		3.00	-0.26	0.00	2.27	0.10	0.10	0.00	17.0	24 1
	plR,d	339.61	14.61	13.94						
		4.00	-0.20	0.00	1.44	0.09	0.09	0.00	13.3	24 1
	plR,d	307.88	12.00	11.43						
		5.00	-0.15	0.00	0.81	0.07	0.07	0.00	9.6	24 1
	plR,d	276.15	9.66	9.16						
		6.00	-0.10	0.00	0.36	0.06	0.06	0.00	5.8	24 1
	plR,d	244.42	7.57	7.15						
		7.00	-0.06	0.00	0.10	0.04	0.04	0.00	2.6	24 1
	plR,d	212.69	5.73	5.38						

Maßgebender Nachweis - DIN 18800, Teil 2, Gleichung :
Gn = 24 Einachsige Biegung M mit N (Biegeknicken)

plR,d Schnittgrößen im vollplastischen Zustand

Auflagergrößen nach Theorie 2.Ordnung

System



Lagerung	x	y	z	Ax		Ay		Az		Mx		My		Mz	
				min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
A1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.1	-1.1	0.8	0.8	7.6	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0
			[m]					[kN]							[kNm]

3.1 Steckwellenverbindung (drehbare Lagerung):

3.1.1 Einbauvariante - Kipphalterung:

Außenrohrnachweis (Alu-Rohr) der Steckverbindung

Mastnennhöhe: $H = 12,00$ m

Mastwerkstoff - EN AW-6063, Zustand T66:

Eigengewicht: $p_1 = 27,0$ kN/m³

Mastrohrdurchmesser: $d = 0,177$ m

Wandstärke: $t = 0,004$ m

Schnittkräfte am Übergang Alu/Stahl:

Siehe EDV - Berechnung, Stab 2, Seite 9:

Normalkraft: $N_1 = 0,72$ kN

$Q_s = 1,63$ kN

$Q_t = 0,00$ kN

Querkraft: $Q_1 = (Q_s^2 + Q_t^2)^{0,5} = 1,63$ kN

$M_r = 0,00$ kNm

$M_s = 0,00$ kNm

$M_t = 10,20$ kNm

Moment: $M_1 = (M_s^2 + M_t^2)^{0,5} = 10,20$ kNm

Innenrohrlänge:

$L_i = 0,80$ m

Resultierende Querkraft aus M und Q im Übergangsbereich

$$P = Q_1/L_i + (Q_1 \cdot L_i/2 + M_1) / (L_i^2/6) = 1,04 \text{ kN/cm}$$

Maximale Querkraft: $P_{max} = 3/2 \cdot (P/d) = 0,09$ kN/cm²

Maximale Moment: $M_{max} = 0,074 \cdot P_{max} \cdot (d/2)^2 = 0,51$ kN*cm/cm

$$W = t^2 \cdot 1/6 = 0,03 \text{ cm}^3/\text{cm}$$

$$\sigma = M_{max}/W = 19,11 \text{ kN/cm}^2 < 20,00$$

96%

Das Außenrohr und das Innenrohr werden mittels Spezialkleber miteinander verbunden. Der Kleber ist zum konstruktiven kraftschlüssigen Verbund der unterschiedlichsten Materialkombinationen geeignet. Er besitzt neben einer zähelastischen Klebefuge auch eine gute Witterungsbeständigkeit. Die Bruchtests haben bestätigt, daß diese Verbindung sehr standfest ist und das Alurohr im Bereich des Überganges wie festeingespannt wirkt.

3.1.2 Einbauvariante - Bodenhülse

Die Steckwelle wird eingestellt in eine lotrecht mittig im Fundament eingesetzte Stahl-Bodenhülse.

Fundamenteinstand: $L_f = 0,80$ m

3.2 Gebrauchstauglichkeitsnachweis:

Es wurden vom Auftraggeber keine Einschränkungen gestellt.

Wegen zu erwartender Kopfauslenkung von ca. 65 cm und der drehbaren Lagerung muß der Mast dementsprechend frei stehen!

4.0 Flanschplatte

Flanschplatte: siehe Detail Kipphalterung 350 des Herstellers

Material: S355

Daten Stehwelle:

$$\text{Außendurchmesser:} \quad dr = 7,50 \text{ cm}$$

Daten Flanschplatte:

$$\text{Dreieck - Seitenlänge:} \quad b = 35,00 \text{ cm}$$

$$\text{Dicke:} \quad t = 3,00 \text{ cm}$$

$$\text{Anzahl Schrauben:} \quad n = 3$$

$$\text{Durchm. Schraubenachse:} \quad ds = 24,50 \text{ cm}$$

Daten Schweißnaht:

$$\text{Nahtdicke Innen = Außen} \quad a = 1,00 \text{ cm}$$

Bemessungskräfte:

Siehe EDV - Berechnung, Stab 1, Seite 9:

$$\text{Normalkraft:} \quad N = 1,10 \text{ kN}$$

$$\text{Querkraft:} \quad Q = 1,71 \text{ kN}$$

$$\text{Moment:} \quad M = 11,54 \text{ kNm}$$

Gewindestangen:

Zugkraft auf Gewindestange:

$$Z = M \cdot 100 / (3/4 \cdot ds) - N/3 = 62,44 \text{ kN}$$

gewählt: **3 Gewindestangen M20 - 8.8 verzinkt**

$$Z_{zul} = 142,4 \text{ kN}$$

Schweißnahtnachweis S355:

$$\text{Waussen} = ((dr+2 \cdot a)^4 - dr^4) \cdot 3,14 / (32 \cdot (dr+2 \cdot a)) = 51,47 \text{ cm}^3$$

$$\text{Winnen} = (dr^4 - (dr-2 \cdot a)^4) \cdot 3,14 / (32 \cdot dr) = 29,44 \text{ cm}^3$$

$$W = \text{Waussen} + \text{Winnen} = 80,91 \text{ cm}^3$$

$$\text{aus M:} \quad \sigma_M = M \cdot 100 / W = 14,26 \text{ kN/cm}^2 < \mathbf{31,1 \text{ zul}}$$

$$\text{aus N:} \quad \sigma_N = N / (dr \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot a) = 0,02 \text{ kN/cm}^2 < \mathbf{31,1 \text{ zul}}$$

$$\text{aus Q:} \quad \tau_Q = Q / (dr \cdot 3,14 \cdot a) = 0,07 \text{ kN/cm}^2 < \mathbf{31,1 \text{ zul}}$$

Nachweis Flanschplatte S355:

$$e = (ds - dr) / 2 = 8,50 \text{ cm}$$

$$M_f = Z \cdot e = 530,7 \text{ kNcm}$$

$$b_f = 2 \cdot 0,866 \cdot e = 14,72 \text{ cm}$$

$$W_f = (t^2 \cdot b_f) / 6 = 22,08 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_f = M_f / W_f = 24,03 \text{ kN/cm}^2 < \mathbf{\text{zul} \quad 32,70}$$

73,5%

Proj.Bez	alfa - Fahnenmasten KA-Serie	Seite	16
FE-Modell	kon. Fahnenmast NH 12,00 m, drehbar gelagert 360°	Position	-
Datum	26.07.16	Projekt	20160007

Verankerungslänge der Gewindestangen im Fundament:

Grenzzugkraft: $F_s = 70,60 \text{ kN}$
 Durchmesser Gewindestange: $d_{gs} = 2,00 \text{ cm}$
 Verbundspannung Bereich I $z_{ult1} = 0,18 \text{ kN/cm}^2$

Verankerungslänge:

$$L_o = F_s / (1,75 * 3,14 * d_{gs} * z_{ult1}) = 35,67 \text{ cm}$$

gewählt: **Verankerungslänge 40 cm**

Zusätzlich werden die Gewindestangen im Fundament durch drei ausgekreuzte Flacheisen 50x5,0 mm konstruktiv miteinander verbunden.

Aufnahme der Schubkräfte:

Zur Aufnahme der Schubkräfte dient eine an der Unterseite der Montageplatte angeschweißte Schubknagge aus I-Stahl 80 ... 100 mm. Schweißnaht konstruktiv mit $a = 3 \text{ mm}$

5.0 Einzelfundament

Einzelfundament mit Abmessung:

Höhe: **h = 1,00 m**

Breite: **b = 1,05 m**

Tiefe: **t = 1,05 m**

Betonklasse: C25/30

zul Bodenpressung: $zul\sigma = 110 \text{ kN/m}^2$

Bemessungskräfte:

Siehe EDV - Berechnung, Auflager A1, LK1, Seite 13:

Normalkraft: **N = 0,80 kN**

Querkraft: **Q = 1,10 kN**

Moment: **M = 7,60 kNm**

Bewehrte Fundament: **y = 24,0 kN/m³**

$n=1,0 \quad \text{zul } b=2*b/n+d= 2,21 \text{ m} > 1,05 \text{ m}$

$b_{\text{ü}} = (b-d)/2 = 0,47$

$h/b_{\text{ü}} = 2,12 > 1,00$

Kräfte und Momente bezogen auf die UK des Fundaments:

Normalkraft: $N_f = N+y*h*b*t = 27,26 \text{ kN}$

Querkraft: $Q_f = Q = 1,10 \text{ kN}$

Moment: $M_f = Q*h+M = 8,70 \text{ kNm}$

Exzentrizität: $e = M_f/N_f = 0,32 \text{ m}$

nach DIN 1053 $b/3= 0,35 > e = 0,32$

$c = b/2-e = 0,21 \text{ m}$

nach DIN 1053 $b/6= 0,18 \leq e = 0,32$

max. Bodenpressung:

über halbe Breite $max\sigma = 4*N_f/(t*b) = 98,9 \text{ kN/m}^2$

$max\sigma / zul\sigma = 0,90 < 1,00$ Nachweis erfüllt

klaffende Fuge $max\sigma = 2*N_f/(3*c*b) = 84,1 \text{ kN/m}^2$

$max\sigma / zul\sigma = 0,76 < 1,00$ Nachweis erfüllt

Stand sicherheitsnachweis:

Standmoment: $M_{\text{stand}} = N_f*b/2 = 14,31 \text{ kNm}$

Kippmoment: $M_{\text{kipp}} = M_f = 8,70 \text{ kNm}$

Kippsicherheit: $n = M_{\text{stand}}/M_{\text{kipp}} = 1,65 > 1,5$

Nachweis erfüllt

gewählt: **Einzelfundament B/T/H - 1,05x1,05x1,00 m**

Randbewehrung Q188 A, Betondeckung 4 cm

6.0 Ergebnis

6.1 Dimensionierung Mastrohr, Einbau

Mastrohr konisch, nahtlos, einteilig, WSt. **EN AW-6063, Zustand T66**

untere zylindrische Länge \varnothing 177,0 x 4,0 mm, Länge 4.000 mm

obere konische Länge \varnothing 177,0/76,0 x 4,0 mm, Länge 8.000 mm

Das Mastrohr wird auf einer Stahlinnenhülse \varnothing 168,3x4,5 mm/800 mm lang verklebt.

6.2 Fundamentgröße Einzelfundament C25/30 B/T/H - 1,05x1,05x1,00 m
Randbewehrung Q188 A, Betondeckung 4 cm (allseitig)

6.3 Einbauarten

6.3.1 in Bodenhülse (mit einer Stehwelle für drehbare Lagerung)

Das Mastrohr mit Stahlinnenhülse wird drehbar auf einer Stehwelle \varnothing 75,0 /800 mm lang aus Werkstoff S355 gelagert. Die Stehwelle wird eingestellt in eine lotrecht mittig im Fundament eingesetzte Stahl-Bodenhülse. Der Fundamenteinstand beträgt 800 mm. Die Gesamtlänge der Stehwelle beträgt 1.600 mm.

6.3.2 auf Kipphalterung (mit einer Stehwelle für drehbare Lagerung)

Das Mastrohr mit Stahlinnenhülse wird drehbar auf einer Stehwelle \varnothing 75,0 /800 mm lang aus Werkstoff S355 gelagert. Die Stehwelle ist in einen Dreiecksflansch mit der Seitenlänge 350 mm und der Stärke 30 mm eingeschweißt. Schweißnaht innen und außen umlaufend a = 10 mm. Der Dreiecksflansch ist zum Fundamentteil hin ausgebildet mit einem Scharnier und wird verschraubt über 3 Gewindestangen M20, Güte 8.8 mit einer Länge von je 500 mm (Verankerungslänge im Fundament min. 400 mm). Die Gewindestangen sind unten mit drei Flacheisen 50x5,0 mm miteinander verbunden. Siehe dazu Zeichnung des Herstellers. Der Aufnahme­flansch des Fundamentteils erhält auf seiner Unterseite eine Schubknagge 100 mm lang angeschweißt. Stahlteile des Fundamentteils im Werkstoff S235, feuerverzinkt.

6.4 Leistungserklärung/CE-Kennzeichnung

Leistungsmerkmale

Ausführungs­klasse		EXC-3
Geometrische Toleranzen		EN 1090-2
Schweiß­eignung	S235JR/S355J2	EN 10025-2
Bruch­zähigkeit	27J bei 20°C/-20°C	EN 10025-2
Brand­verhalten	A1	EN 13501-1
Dauerhaftigkeit	C3 Korrosivitäts­kategorie	EN 1090-2
Tragfähigkeit	Bemessung	EN 1993

6.5 Festlegung ergänzende ZFP-Prüfung

- Für die nachgewiesenen Schweißnähte ist eine ergänzende ZFP-Prüfung nach Tabelle 24 im Absatz 12.4.2.2 der EN 1090-2 durchzuführen.
- Für die hier konstruktiv gewählten Schweißnähte ist keine ergänzende ZFP-Prüfung notwendig, da Naht­dicken $a > 0,5t$ der Bauteilstärken gewählt worden.
- Aufgrund des Bauwerkes ist die Querbeanspruchung der Kehlnähte minimal und liegt im Bereich von 1-2% der zulässigen Scherspannung.

7.0 Schlußbemerkung

Alle hier nicht nachgewiesenen Bauteile oder Bauteile, die sich aus der Konstruktion beziehungsweise während der Bauausführung ergeben, sind nach den anerkannten Regeln der Technik auszuführen. Nachträgliche Änderungen von Bauteilen, die das in dieser Berechnung vorausgesetzte Tragverhalten beeinflussen, sind neu nachzuweisen!

erstellt: Augsburg 26.07.2016

